

EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO TERMICO DE COMPONENTES CONSTRUCTIVOS EN MUROS DE CERRAMIENTOS USUALES EN LA REGION NEA CON PROGRAMA SIMULADOR

V Gallipoliti, G Jacobo, H Alias

Dpto. Tecnología- Facultad de Arquitectura y Urbanismo- Universidad Nacional del Nordeste
Av. Las Heras N° 727 – Resistencia (3500)- Chaco- Tel/Fax: +54 (03722) 420088/425573 – E-mail: angelinag@arnet.com.ar

RESUMEN: El presente trabajo realiza una aplicación particular del Programa SIMUSOL en el estudio de comportamientos térmicos de muros de cerramiento verticales en viviendas y edificios de la Región Nordeste Argentino. El objetivo fue realizar la simulación de dos opciones tecnológicas como primera etapa en el estudio de tipologías usuales y sus combinaciones con elementos que constituirán el sistema estructural de edificios. Los prototipos seleccionados presentan características particulares en cuanto a los aspectos favorables y/o desfavorables establecidos en las normas IRAM y son de uso bastante frecuente en la región. El muro simple de ladrillo revocado en ambos paramentos y el muro doble con cámara de aire rellena con polietileno expandido son caracterizados a través de circuitos térmicos para Simusol el cual arroja, en esta oportunidad, gráficos de distribución de temperaturas y flujo calórico. Se comprueba un mejor desempeño térmico del muro doble respecto a linealidad y distribución de temperaturas así como también en la transmisión de flujos calóricos, registrando valores más bajos que los del muro simple de ladrillo. Se obtuvieron buenos resultados en la apreciación de los gráficos logrados con este simulador, se considera buenas potencialidades del mismo para futuras aplicaciones en la edificación.

Palabras clave: Simulación- Simusol –Muros –Cerramientos – Comportamiento térmico- Transmitancia térmica

INTRODUCCION

El siguiente trabajo se enmarca dentro de las actividades propuestas para el desarrollo de los Proyectos de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNNE, PI 12/05 “*Patologías en las edificaciones arquitectónicas del NEA. Elaboración de Metodologías de Análisis y Propuestas de intervención*” y PI 13/05 “*Optimización Higrotermica- Energética de edificios en altura mediante correcciones de Puentes Térmicos en su envolvente estructural-constructiva*” que se desarrollan en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste.

La propuesta apunta a la modelización y simulación computacional como apoyo al trabajo científico de los ítems conflictivos tratados en el Proyecto. Por otra parte se analiza y complementa los resultados obtenidos en trabajos anteriores como “*Comportamiento de los materiales de construcción en muros de cerramiento. Condiciones ambientales y su adecuación al NEA*” (Alias, 1996) y “*Patologías de la construcción debido a causas higrotermicas de los cerramientos en viviendas de la Región NEA. Estudios y soluciones para equipamientos habitacionales de interés social*” de los mismos autores.

Los avances desarrollados en estos trabajos se refirieron al estudio teórico del comportamiento térmico de las Unidades de análisis, aplicando mecanismos de control –factor K (cálculo) con aplicación de las normas de habitabilidad vigentes y siguiendo los mecanismos de control ambiental.

Según trabajos de investigación consultados y experiencias internacionales, existen áreas dentro del consumo de energía de los edificios donde se puede producir un sustancial ahorro (Gonzalo et al., 1999), (Volantino et al., 1999), (Larsen y Lesino, 2000), (Alias y Jacobo, 2000). La inclusión de aislamiento térmico y de pautas de corrección de heterogeneidades en la envolvente de un edificio puede ahorrar un importante porcentaje de la energía que se utiliza para acondicionar los ambientes del mismo (Canzonieri et al., 1999). Según ciertas investigaciones, el efecto de los puentes térmicos reduce la resistencia térmica de un cerramiento en un 38 %. (San Juan y Evans, 1995) Esto implica la necesidad de realizar estudios que permitan una identificación clara de los procesos de transferencia de calor y temperatura en las diferentes opciones tecnológicas de cerramientos verticales.

Actualmente y según los últimos avances, se acepta que una evaluación del comportamiento higrotermico de puentes térmicos verticales y horizontales del cerramiento vertical de edificios existentes, conlleva la necesidad de determinar las isotermas y temperaturas superficiales en dichos puentes térmicos usando software especializados o determinados procedimientos de cálculos manuales, para detectar sectores donde se produce condensación superficial según la humedad absoluta interior.

A partir de esto se formula como objetivo fundamental realizar simulación de los comportamientos térmicos de los componentes constructivos de muros de cerramiento verticales más usuales en las provincias de Corrientes y Resistencia. En este primer avance se simularán dos tipos de cerramientos verticales, cuyas tecnologías constructivas son diferentes, de esta forma los comportamientos térmicos también lo serán, lo que permitirá potenciar los resultados obtenidos con el simulador. Como herramienta fundamental surge la utilización del Programa SIMUSOL que es un software de uso libre y fue creado en el INENCO, Instituto de Energías No convencionales CONICET- UNSA en la Universidad de Salta – Argentina (Dolores Alía de Saravia y Luis R. Saravia) También se evaluará la utilización del simulador como herramienta útil para otros posibles campos de aplicación dentro de la edificación.

MATERIALES Y METODOS

Simusol es un programa que facilita la descripción de circuitos y su simulación numérica. Fue creado inicialmente para el estudio de sistemas solares a parámetros concentrados, desde el punto de vista térmico. Pero en la actualidad es utilizado para el estudio de otros sistemas como los eléctricos y/o mezcla de sistemas diferentes. (Alía de Saravia y Saravia, 2001) Utiliza varios programas de uso libre: Dia, Sceptre y Gnuplot. A diferencia de otros programas utilizados actualmente en Arquitectura como el SIMEDIF, TRANSYS, entre otros y que han obtenido resultados muy satisfactorios, Simusol se presenta, en esta ocasión, como una alternativa diferente, posible para aplicaciones en áreas de la construcción, las que se pretenden evaluar en este trabajo.

Los sistemas que se estudian corrientemente como la masa de Cobre o una masa de agua, se caracterizan por parámetros de una sola variable de interés como es la temperatura. Las variaciones posibles de la misma en estos sistemas son muy pequeñas por lo que se toman como un parámetro concentrado para su estudio. Para el caso de los muros o paredes consideramos sistemas extensos ya que en ellos se produce una distribución continua de temperaturas. Se divide en múltiples partes de manera que cada una de ellas sea lo suficientemente pequeña para que sea considerada como un elemento concentrado. De esta manera la distribución continua de temperaturas es reemplazada por un conjunto de temperaturas que varía de elemento a elemento aproximándose a la continua tanto como se quiera disminuyendo lo suficiente el tamaño de cada elemento.

Para el balance energético de cada elemento Simusol plantea un conjunto de n ecuaciones cuya solución permitirá determinar la temperatura en cada elemento. La ecuación para el elemento i tendrá en cuenta: la masa del elemento i , la que acumula calor; el flujo de energía conductivo desde el elemento $i-1$ al i , y el flujo de energía conductivo que va desde el elemento i al $i+1$. la suma de los tres únicos aportes debe ser cero:

$$k.A.(T_{i-1} - T_i)/e + k.A.(T_{i+1} - T_i)/e = c_p.A.e. \rho.\Delta T_i$$

La variación ΔT_i se refiere al cambio de T_i en el tiempo. Esta ecuación permite calcular el valor de T_i en el instante siguiente a partir de los valores en el instante previo. Este cálculo puede plantearse directamente en el Simusol, en cuyo caso el programa planteará las ecuaciones necesarias y las resolverá para el período de tiempo que interese.

Se contó con información de topologías de muros comúnmente usadas en la región. Se analizaron los aspectos técnicos y sus propiedades físicas: densidad, Calor específico, conductividad, etc. También valores de espesores mas usados, transmitancia térmica, niveles de construcción y costos asociados. La consulta a docentes e investigadores de la Cátedra Estructuras II de la FAU- UNNE permitió acceder a información referente al tema y un acercamiento a la temática de Diseño estructural de edificios de vivienda. Se consultaron estudios previos referentes a investigaciones realizadas por estos docentes en las mismas unidades de análisis. Estudio teórico y análisis de las ganancias solares a través de la UA y Estudio teórico del comportamiento térmico de las UA aplicando mecanismos de control (revisión Normas IRAM 11.605/95) para la zona bioambiental I (a y b) (Alías y Jacobo, 2003)

Se obtuvieron datos técnicos y constructivos de 25 tipos de cerramientos tabulados de la Región, ellos son: Muros simples de ladrillo común visto de tres tipos de espesores, Muros simples de ladrillo revocado en ambos paramentos, ladrillos cerámicos huecos, Muros dobles con cámara de aire estanca, rellena de material aislante (fibra de vidrio- poliestireno expandido) y sin cámara de aire. Muros simples de bloques de hormigón de cemento y finalmente el panel de madera, material abundante en la región y poco aprovechado en la construcción. En la Tabla 1 se presentan las especificaciones técnicas con las que se trabajó.



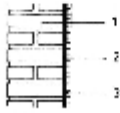
Referencias	Tipología de muro
	Muro simple ladrillo visto 0,15 1 Ladrillos comunes macizos 2 azotado hidrófugo MCI 1:3 3 revoque grueso reglado MAR
	Muro simple ladrillo visto 0,20
	Muro simple ladrillo visto 0,30

Tabla N° 1: Detalle de la información de cada muro

Del material disponible de los trabajos de investigación teórica, mencionados anteriormente, se pudo constatar las deficiencias de algunos muros respecto a factores como de ganancia solar, o coeficientes de transmitancias muy altos que las hacen inaceptables dentro de la clasificación de niveles de Confort térmico según normas IRAM 11.625/91. Los niveles de construcción mayoritarios en la región NEA son del tipo “nivel mínimo aceptable” y también “soluciones a descartar” (ejecutadas generalmente en los conjuntos habitacionales de operativas oficiales) con algunos casos aislados del tipo “nivel

medio” (en construcciones emprendidas por el sector privado) En las Figuras 1 y 2 se muestran los resultados de estas investigaciones, que aportaron datos para la realización del presente trabajo.

Las tipologías de muros simples de ladrillo visto de 0,15 y 0,20 m de espesor son los más “desfavorables” en cuanto a factor de Ganancia solar. En cambio, se verificaron cerramientos como el Muro doble con cámara de aire relleno con poliestireno expandido y el de relleno con fibra de vidrio que cumplen con el nivel A de la norma y corresponde a la transmitancia térmica necesaria para lograr una optimización económica, tomando en cuenta el costo de la energía de los sistemas de calefacción y de las capas de materiales aislantes en la construcción.

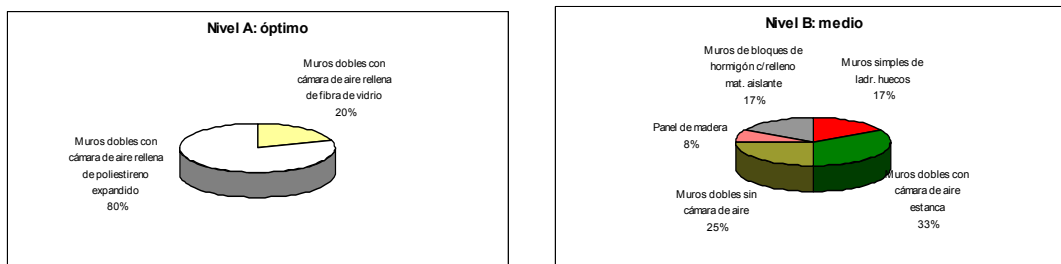


Figura N° 1: Estudio teórico del comportamiento térmico de las unidades de análisis (revisión Norma IRAM 11.605/95) Nivel A (óptimo) y B (mínimo)

En el nivel Medio de construcción B definido por la misma norma se encuentran las tipologías de muros de ladrillos cerámicos huecos, constituyendo un 17 % del total de las Unidades de Análisis que se encuadran dentro de este nivel y que fueron evaluadas en los estudios precedentes. El nivel B fue establecido con el criterio de asegurar aceptables condiciones de confort térmico a través de la temperatura superficial interior en invierno. También contempla los requerimientos de confort en edificios con acondicionamiento natural en verano, estrategia bioclimática muy utilizada en estas regiones. Corresponde a los valores aceptables de un comitente típico del sector privado.

El nivel C: mínimo aceptable evita el riesgo de condensación superficial en las condiciones normales de uso, según IRAM 11.625/91 y controla excesos de disconfort en verano. Alcanza al sector de vivienda de interés social, respondiendo a costos mínimos. A este nivel de construcción responden las tipologías de Muro de bloques de hormigón de 19x19x39 (33%), Muro simple de ladrillo común visto $e=0,30$ m (34%) y muros simples de ladrillo común revocado de $e=0,30$ m (33%)

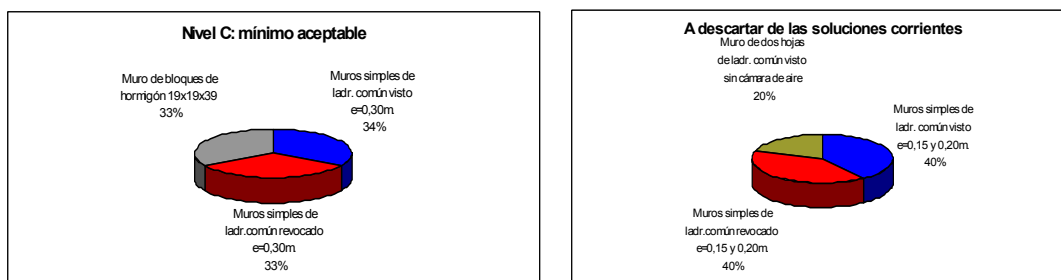


Figura N° 2: Comportamiento térmico de las unidades de análisis. Nivel C mínimo aceptable y “a descartar de las soluciones corrientes”

Se ha incluido la categoría “a descartar de las soluciones corrientes”, no incluida en la revisión de la Norma IRAM 11.605/95 pero cuya inclusión se creyó conveniente para caracterizar a aquellas tipologías que presentan coeficientes de transmitancia térmica muy altos, que las hacen inaceptables aun como nivel C, sobre todo para la estación crítica en términos de confort en la región: el verano.

Modelo y Simulación

Teniendo en cuenta esta base de información se decidió, en principio, las aplicaciones del simulador. Se prefirió comenzar con los prototipos que presentaban características particulares en cuanto a los aspectos favorables y/o desfavorables establecidos en las normas IRAM y que sean de uso bastante frecuente en la región. Así se presentan en este trabajo la simulación del muro simple de ladrillos revocado en ambos paramentos y muro doble con cámara de aire rellena con Poliestireno expandido, correspondiendo el primero al nivel C mínimo aceptable (muy difundido en la región) y nivel A óptimo el segundo.

Para la utilización del Programa Simusol cada sistema a analizar, en este caso una pared, deberá quedar definido por un cierto número finito de temperaturas y los elementos que lo forman estarán en contacto con pares de temperatura y serán capaces de transmitir energía entre ellas. El sistema estará representado por una *red* de elementos que une nodos de temperatura. Esta red recibe el nombre de “*modelo del sistema*”. En los muros se produce una distribución continua de temperaturas, por lo tanto se divide en múltiples partes de manera que cada una de ellas sea lo suficientemente pequeña para que sea considerada como un elemento concentrado. De esta manera la distribución continua de temperaturas es reemplazada por un conjunto de temperaturas que varía de elemento a elemento aproximándose a la continua tanto como se quiera disminuyendo lo suficiente el tamaño de cada elemento.

Además de conocer la *red*, se deberán dar un conjunto de valores que determinan las propiedades de los elementos y también un conjunto de parámetros relacionados con los aspectos generales del modelo y su cálculo como ser, por ejemplo, el tiempo de cálculo, valores iniciales, etc. Todos estos valores se introducen mediante un conjunto de “*cuadros*” cada uno con su nombre identificador. La *red* y los *cuadros* se introducen en el programa con una interfase gráfica mediante el programa Dia. Un segundo programa, escrito en Perl, traducirá esta información generando un archivo de texto que alimentará al tercer programa, que realizará el cálculo de la evolución transitoria del sistema, llamado Sceptre. Finalmente, una vez terminado el cálculo, el cuarto programa entregará gráficos de la variación de las variables de interés y almacenará los resultados en archivos de texto usables para su análisis posterior.

Se crearon modelos que representan como sistema térmico al muro de cerramiento. Para la elaboración del diagrama representativo con el que trabaja Simusol, se tomó cada uno de los dos muros y se ubicaron tantos puntos en su interior como *nodos de temperaturas* fueran necesarios para un mejor análisis. La transmisión del calor se simula con *resistencias conductivas*, en el interior del muro y con *resistencias convectivas* en las superficies del muro que tienen contacto con el aire (exterior e interior), conectadas a los nodos de temperaturas. Se prefirió colocar por lo menos un nodo en cada tipo de material que componía el cerramiento, de modo de poder visualizar la contribución de todos y cada uno de ellos.

Por ejemplo para el caso del muro simple de ladrillo revocado en ambos paramentos, consideramos *nodos de temperatura* en el exterior de la superficie de pared externa (1), otro en el interior del revoque (2), junta entre revoque y el azotado de hidrófugo (3), en el interior del azotado (4), en la junta del hidrófugo y ladrillo (5), en el material del ladrillo (6), junta entre ladrillo y revoque (7) en el interior del revoque interno (8) y finalmente, en el exterior de la pared interior (9). En la figura N° 3 se esquematiza el muro con la ubicación de los mismos, comenzando desde el exterior hacia el interior de un recinto determinado. Las flechas gruesas indican la forma en que el aire “lame” las superficies externas e internas.

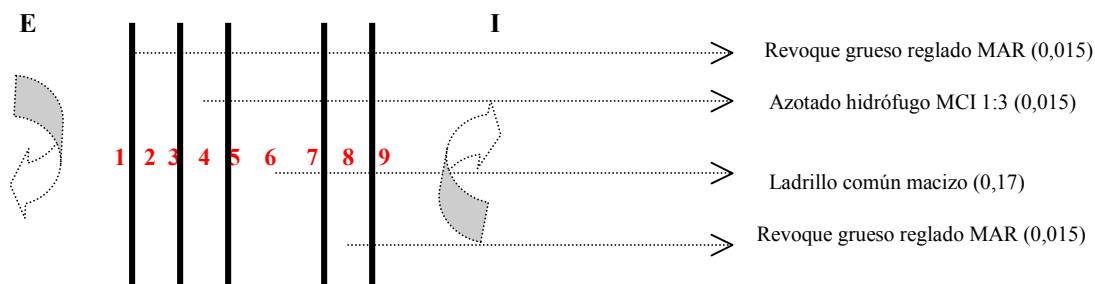


Figura N° 3: Ubicación de los Nodos de Temperatura dentro del muro estudiado.

Por otra parte uno de los elementos importantes de un sistema térmico es la *masa térmica* capaz de acumular calor en los diferentes intercambios a través de otros elementos. Como en nuestro ejemplo de la pared de ladrillos revocada presenta tres tipos de materiales distintos (Revoque grueso reglado, Azotado hidrófugo y Ladrillo común macizo), más el revoque grueso que se repite, en el modelo del circuito aparecerán 4 acumuladores que sintetizaran las masas de esos elementos, C2-C4-C6 y C8. Estarán conectados entre las resistencias conductivas y tendrán un valor inicial de temperatura. Además, el circuito térmico contendrá dos fuentes de temperatura, una externa *Eint* y otra interna *Eint*, que representen las temperaturas del exterior y la del interior del recinto. La parte gráfica del diagrama solo describe que tipos de elementos integran el circuito, cada cual con su identificación y a cuales nodos están conectados esos elementos. Pero la información acerca de los valores de los elementos del circuito, y las indicaciones acerca de lo que se pretende de la simulación hay que darla utilizando *cuadros*.

En el cuadro DATOS se colocan todos los elementos del circuito. La masa térmica, que está definida por dos parámetros: la masa *m* del acumulador, medida en kg, y su calor específico en J/kg. Las fuentes de Temperaturas fueron de valores constantes, considerando la temperatura externa de 50°C y la temperatura interna de 0°C. Estos valores pueden ser variables y su expresión debe colocarse también en este cuadro. En este cuadro se colocan los datos de las resistencias conductivas y convectivas. Para el caso de las resistencias conductivas (R12, R23, R34, R45, R56, R67, R78 y R89), se fija el área (m^2) de pared plana, el espesor del elemento (*m*) y la conductividad térmica W/ ($m \cdot ^\circ C$). Para todos los casos suponemos una superficie de pared de 1 m^2 y la temperatura exterior (valor constante) es mayor que la interna del recinto que cierra este muro. Los espesores de los muros son de 0,30 m. Las resistencias convectivas (RE1 y R9I) estarán definidas por su área de pared plana y el coeficiente convectivo del aire [W/ ($m^2 \cdot ^\circ C$)] En el cuadro INICIALES el programa exige que se den valores iniciales de temperatura a los acumuladores, si no se diera, Sceptre tomaría 0 como valor por defecto. También pueden darse valores iniciales a otras variables. En el cuadro TIEMPO, se fija el tiempo de duración de la simulación y en el cuadro

RESULTADOS se escriben los nombres de las variables que interesen. En este caso se solicito los valores de temperaturas en todos los nodos (del 1 al 9) y flujos de calor en las resistencias RE1, R56 y R9i.

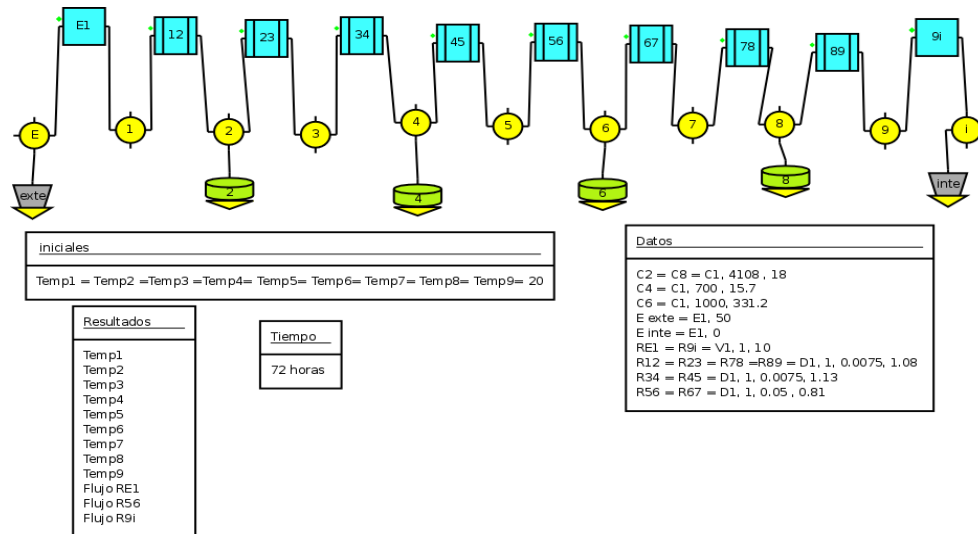


Figura N° 3: Descripción grafica del circuito utilizando el programa DIA

En la figura N° 3 se muestra la red de elementos y los cuadros que describen el circuito térmico utilizado para estudiar el muro simple de ladrillos revocados en ambos paramentos. A partir de aquí se esta en condiciones de solicitar la simulación. Si Simusol no detecta errores en el diagrama, y tampoco los detecta Sceptre, luego de algunos mensajes aparecerá una ventana con los gráficos de la simulación. En la figura 4 se muestran los mismos. Además se habrá producido un archivo con los resultados numéricos. Un circuito similar pero adaptado para el muro doble con cámara de aire rellena con aislante de polietileno expandido, se puede utilizar para lograr simular el mismo, ya que el simulador permite ir cambiando los datos de entrada de las variables, sin perder los resultados anteriores. La simulación para este último caso se muestra en la Figura N° 5.

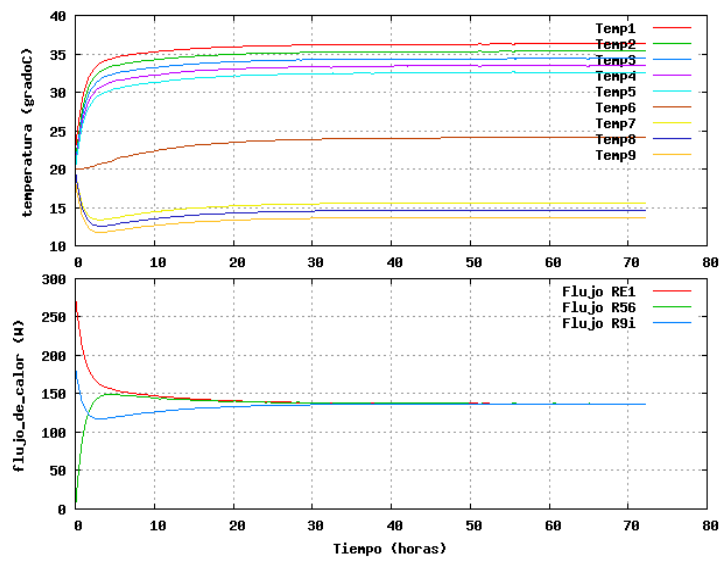


Figura N° 4: Muro simple revocado en ambos paramentos y graficas de distribución de las temperaturas y flujos de calor en su Interior

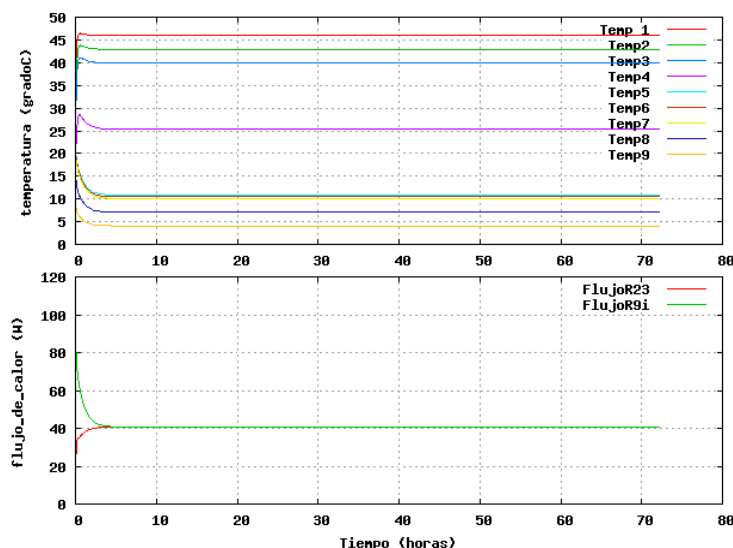


Figura N° 5: Muro doble con cámara de aire rellena con poliestireno expandido. y graficas de distribución de las temperaturas y flujos de calor

RESULTADOS

Las graficas resultantes fueron obtenidas para dos muros con características particulares respecto a los niveles de construcción dados por las normas IRAM. El primero, de muy amplia difusión en nuestra región, está incluido dentro de los requerimientos establecidos por el nivel C (Mínimo aceptable) y alcanza al sector de vivienda de interés social, respondiendo a costos mínimos. El segundo muro responde a los requerimientos de construcción de nivel A, cuya valor de transmitancia térmica permite alcanzar la optimización económica, según se muestran en los gráficos de tortas elaborados en los estudios que sirvieron de base para el presente (Alias, 1999).

En las Figuras 4 y 5 se observan las graficas obtenidas de la simulación al aplicar una temperatura mayor en la cara externa de cada muro (50 °C), suponiendo una temperatura interior mucho menor, como sería el caso de valores de temperaturas en épocas estivales. Los diferentes colores permiten apreciar diferentes temperaturas, según sea la ubicación del punto de referencia o nodo considerado. Principalmente se observan diferencias en los valores de temperatura iniciales que toman las superficies externas, según tenga o no aislante térmico, como el recubrimiento con el azotado hidrófugo junto con el revoque externo en el caso del primer muro. En el se “retasa” el aumento de la temperatura por un tiempo aproximado de 5 horas en el que, a partir de allí, se eleva interiormente unos 15 grados C, alcanzando y manteniéndose en régimen estacionario, esto ocurre dentro del material de los aislantes.

Por otra parte la masa de ladrillo solo se eleva 5 grados C de su valor inicial, y a partir de allí su temperatura es constante. Las temperaturas en el paramento interno permanecen bajas, constituyendo este cerramiento de un buen nivel constructivo para el confort térmico. Se verifica, así, lo dicho por los estudios que sirvieron de base para este trabajo. Parte del calor que entra en un elemento pesado no llega a la cara interior, ya que produce una variación en la temperatura en las capas centrales del elemento sin calentar la superficie interior.

En el muro doble se verifica la elevada temperatura en el paramento externo que no posee aislamiento térmico, pero en las capas internas hasta llegar a la cámara de aire rellena con poliestireno la reducción de las temperaturas es muy apreciable. Se nota una linealidad importante en los valores de temperatura, tanto en los componentes que se encuentran antes y después de material aislante, suponiendo una dirección del flujo calórico horizontal y desde el exterior al interior.

Los flujos de calor a través de las resistencias convectivas y conductivas evolucionan aumentando y disminuyendo, respectivamente, hasta alcanzar el régimen estacionario aproximadamente entre 3 y 5 horas. En el muro doble este tiempo es aun menor y los valores de flujo calórico registran una reducción muy importante (40 W) respecto al muro simple de ladrillo revocado (140 W).

La temperatura del aire más la temperatura de la radiación solar, tiene, para días típicos promedio estacional, una variación horaria de forma sinusoidal. También la temperatura interior de un espacio, sin otros aportes térmicos que no sean de los cerramientos exteriores, sigue la misma curva un poco más amortiguada, con valores extremos que son menores que los máximos y mínimos y con cierto retraso horario. En próximas aplicaciones se evaluarán los cerramientos bajo estas condiciones.

CONCLUSIONES

El uso del Programa Simusol, que corre bajo el sistema operativo Linux ofrece muchas ventajas para el estudio de las situaciones térmicas en los elementos constructivos que componen los cerramientos de los edificios y viviendas. Responde adecuadamente a todos y cada uno de los requerimientos solicitados en esta oportunidad, siempre y cuando se cuente con un conocimiento del mismo y se realiza un manejo adecuado de sus variables. Entre las ventajas mas importantes se mencionan el idioma, en castellano tanto el manual como sus leyendas que agiliza el aprendizaje y el programa Sceptre que informa, constantemente y en forma ordenada, los errores presentes.

Las estrategias tecnológicas para encarar los problemas de patologías en las edificaciones consisten en el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica (IRAM 11601 y 11605), verificación del riesgo de condensación superficial e intersticial (IRAM 11625) y cálculo del factor de ganancia solar. Temáticas posibles de ser analizadas con este programa y, además, de obtener resultados que brinden otro enfoque a los problemas de la construcción.

Por otra parte, los sistemas constructivos vigentes para la materialización del sistema estructural de edificios en nuestra región, y especialmente en las ciudades de Corrientes y Resistencia, incluye diversos materiales, como el hormigón armado, metálicos, madera, la mampostería de ladrillos cerámicos macizos o por bloques de hormigón, ya sea en viviendas como en edificios en torre, cuya unión con otros materiales de la envolvente, genera muchas veces importantes problemas como fisuras por dilatación diferencial con una estructura muy rígida, ausencia o ineficacia de juntas de dilatación, puentes térmicos en sus uniones con la mampostería y en las uniones con las losas de los entrepisos, entre otros. Esta situación potenciaría el uso de programas simuladores en pos de realizar los análisis necesarios para el estudio y la resolución de estos problemas edilicios.

REFERENCIAS

- Alía D y Saravia L. (2005) Manual de Simusol Facultad de Ciencias Exactas, U.N.Sa – Inenco- Consejo de Investigación, U.N.Sa
- Alía D. y Saravia L. (2004) Programa Simusol. Simulación de Sistemas solares. Inédito.
- Alias H, (1996) “Comportamiento de los materiales de Construcción en muros de cerramiento. Condiciones Ambientales y su adecuación al NEA”. Informe de Investigación Ciencia y Técnica – UNNE
- Gonzalo, G y et al. (1999) “Evaluación de las condiciones físicas, ambientales y de consumo energético de viviendas unifamiliares” Revista AVERMA Vol. 3 N° 2 pp. 07.29 – 07.32 ISSN 0329- 5184
- Volantino, V y et al. (1999) “Método de Evaluación integral del comportamiento higrotermico de sistemas constructivos”. Revista AVERMA vol 3, N° 2. ISSN 0329- 5184
- Flores Larsen, F y Lesino, G. (2000) “Simedif 2000: Nueva versión del programa de diseño y calculo de edificios” Revista AVERMA, Vol. 4, N° 2
- Alias, H y Jacobo, G (2000) Estudio del rendimiento higrotermico de los muros de cerramiento en la región Nordeste de Argentina (NEA) por medio del análisis de transmitancia térmica, del riesgo de condensación y del factor de ganancia solar. Categorización de construcción y costos” Comunicaciones del XXIII Congreso de ASADES 2000, P 05.11
- Canzonieri, S y et al. (1999) “Aislaciones en climas fríos” Revista AVERMA Vol. 3, N° 2 pp. 07.21- 07.24
- San Juan, G y Evans, J (1995) “Evaluación de puentes térmicos de paneles livianos en el reciclado de una escuela” Actas de la 18° Reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar. Tomo II. pp 06.15- 06.20
- Duffie J A y Beckman W. A. (1991) Solar Engineering of Thermal Process, 2ª edición, pp. 106-144 Wiley Interscience, New Cork

ABSTRACT This paper makes a particular implementation of Agenda SIMUSOL in the study of thermal behavior of vertical enclosure walls in homes and buildings in the Northeast Region Argentino. The objective was to make the simulation of two technology options as a first step in studying usual kinds and combinations with elements that form the structural system of buildings. The first prototypes are distinctive in terms of favorable / unfavorable IRAM stipulated in the rules and their use is quite prevalent in the region. The simple brick wall on both paramentos revoked and the wall with dual air chamber filled with polyethylene expanded are characterized by thermal circuit for Simusol which shed on this occasion, graphics distribution temperatures and heat flow. There is a better thermal performance of the double wall regarding linearity and temperature distribution as well as the transmission of streams calorie registering lower values than those of simple brick wall. We obtained good results in the assessment of graphics made with this simulator. It is considered good potential simulator for future applications in the building

KEY WORDS: Simulation- Simusol -Muros -Cerramientos thermal-Performance Thermal Transmittance